基于三方演化博弈的循证采购研究*

张蒂[1，2]　朱江[1，2]　潘婷[1，2]
1.中国科学院成都文献情报中心　成都 610299
2.中国科学院大学经济与管理学院信息资源管理系　北京 100190

摘要：[目的/意义] 高质量的资源建设是图书馆服务的基础，目前主流的采购模式如大宗交易、读者决策采购都存在着一定的缺陷，本文以新兴采购模式——循证采购为中心，研究其相关主体之间的影响以促进循证采购的发展。[方法/过程]本文通过对循证采购的梳理，构建图书馆、用户、资源商三方演化博弈模型，分析其复制动态方程与演化稳定策略并通过 MATLAB 进行仿真模拟，剖析不同参数对促进循证采购演化的影响，厘清其相关对象的交互关系和关联关系，洞悉循证采购的动力。[结果/结论]该模型存在两个演化稳定策略，结合博弈结果与实际情况对循证采购的发展提出建议。
关键词：循证采购；演化博弈；馆藏建设
分类号：G251

1 引言

随着数字技术的发展，电子图书馆藏已经成为国内外各类型图书馆馆藏建设的重要组成部分。电子图书与纸质图书相比，出版周期短、形式多样、节能环保、存储量大、便于检索，受到了用户的欢迎，尤其是在新冠疫情流行期间，学生及教师无法回到校园无法使用图书馆的空间和实体资源之时，能够支撑远程教学、研究、学习的数字资源重要性越发凸显。Choice 白皮书开展了一项调查，接受调查的四分之三学术图书馆表示由于 COVID-19，未来将购买更多的电子图书[1]。在这样的环境下，电子图书的采购变得越来越重要。

近年来，全球经济增长持续放缓，尤其是 2020 年之后，大多数图书馆都经历了预算削减，疫情结束之后财务复苏也存在很大不确定性。2021 年 3 月 25 日，我国教育部公布 2021 年部门预算，一般预算 13 420 942 万元，比 2020 年减少 673 589 万元，降幅达 4.77%[2]。高质量的资源建设是图书馆服务的基础，目前的主流电子图书采购模式——大宗交易渐渐不能与图书馆发展并肩而行，其每年上涨的价格和捆绑交易导致的资源浪费给经费紧张的图书馆带来了不少困扰。 为了缓和大宗交易的影响，业界开始探索新的电子图书采购模式。读者决策采购（Patron Driven Acquisitions，PDA）出现于 20 世纪末 21 世纪初，并慢慢成为了大受欢迎的电子图书采购模式。PDA 使得出版商给予了图书馆更自由的采购环境，其次用户的需求得到了满足，减少了馆藏“零使用”的问题[3]。但在 PDA 实践中发现它也存在着诸多缺陷，例如 PDA 项目使用经费过快，需要图书馆员提前对书目进行选择，限制了资源包的大小，曾经利物浦大学就通过建模发现 PDA 不一定比大宗交易更具有成本效益[4]，同时严格的数字版权管理、馆藏建设的失衡、读者参与度低等问题同样限制着 PDA 的发展。从长远来看还需要对图书馆电子图书的采购模式进行优化。

作者简介：张蒂(ORCID：0000-0002-6173-1718)，硕士研究生；朱江(ORCID：0000-0003-2878-4751)，研究馆员，硕士生导师，通讯作者，E-mail: zhuj@clas.ac.cn；潘婷(ORCID：0000-0002-6753-984X)，硕士研究生， Email：panting20@mails.ucas.ac.cn。

2 循证采购与演化博弈

2.1 循证采购

藏书建设一直是图书馆工作的重点之一，图书的流通和利用也是图书馆一直研究的对象。目前较为主流的电子图书采购模式按照时间权限可以分为订阅和永久拥有，按照数量可以分单本订阅和打包购买，除此之外还包括读者决策采购、循证采购（Evidence-based Acquisition, EBA）等等。在过去，馆员与专家在图书馆资源建设中扮演着重要的角色，他们会依据自己的经验和学科背景从资源商提供的书目中选择采购，但是近些年教育经费的进一步紧缩，馆藏利用率不高，馆际互借成本高以及现代信息技术的发展，这些图书馆传统采购模式受到了挑战[5]。

循证采购是在 PDA 的基础上发展起来的新兴图书馆采购模式，它是指图书馆与资源商谈判，图书馆预先支付一笔费用，资源商按照协议提供电子图书池的访问，在项目结束时(通常是一年后)以预付款购买图书，图书馆可以使用自己的标准来选择是否购买，但通常是基于用户使用情况[6]。循证采购不同于传统采购，只是根据图书馆员的经验采买资源，也不同于读者决策采购，将用户的使用数量作为采购的唯一证据。循证采购是图书馆员的智慧、用户的需求和图书馆建设目标的结合。它追求的是证据的质量及在满足用户需求的同时保证馆藏的特色与合理性[7]。对于图书馆的经费危机，循证采购也是很好的应对方式。循证采购可以保证在符合预算的情况下获得尽可能多的资源满足用户对不同学科的需求，同时并不受数字版权保护的限制，在协议结束后通过读者的使用数据、专家评审等多种采选标准购买图书长期保存。循证采购的出现为用户需求、图书馆经费、资源商利益之间的矛盾提供了一个解决途径。

在国外关于循证实践的研究中，Andrew Booth[8]认为提出问题是循证实践的基础，提问者的存在通常可以刺激更有经验的从业者对长期持有的假设提出质疑。Helen Partridge 等人[9]通过半结构访谈探寻图书情报从业人员对循证图书馆信息实践的体验差异并提出了一个循证图书馆信息实践的构想。在国内相关研究中，周毅[10]提出循证实践的特点是注意证据、理论和实践相结合的价值导向，它是将应用主体、应用场景、证据相结合的行为过程。党洪莉[11]在《循证采购的概念、影响与启示》一文中从国外循证采购的背景开始入手向学界介绍了温哥华大学图书馆等高校馆关于循证采购的实践，总结其采购方式为国内图书馆提供借鉴。侯景丽[12]站在联盟采购的角度分析了 Orbis Cascade 图书馆联盟和科罗拉多大学图书馆联盟循证采购项目的共性和问题。马晨[13]等人对循证采购进行了 SWOT 分析，审慎地看待循证采购的优缺点并提出了循证采购的应用策略。循证采购已经在国外及港澳台应用已应用多年，但对于内陆的图书馆来说，这还是一种资源建设的新模式，并没有出现大面积的实践。

近年来，国内外比较有代表性的循证项目如下所述。Orbis Cascade 联盟是由爱达荷州、俄勒冈州和华盛顿州的 39 个学术图书馆组成的图书馆联盟。从 2011 到 2015 年 Orbis Cascade 联盟一直都采用 DDA 的模式采购电子图书，但在 2015 年，它对 DDA 项目重新评估，并对 EBA 进行了调查。比起 DDA 模式，EBA 有一个固定的支出，没有数字版权管理的限制，EBA 的资源池中包含的书目更多，且成本与短期借阅和 DDA 的花费差不多，考虑到这些好处，2016 年 5 月该联盟开始与 Wiley 实施循证采购，由于最后项目效果不错，在 2017 年以后，Orbis Cascade 联盟就取消了 DDA 模式，将 EBA 模式扩展到 Wiley 以外的多个出版商[12]，[14]。

石溪大学开展了 EBA 在 STEM 领域的电子图书试点项目。2019 年有两家出版社为石溪大学提供服务，出版社 A 提供一个通用工程和计算机领域的资源包，包括 969 条书目；斯普林格提供的电子图书有 3 186 种，比出版社 A 多了 2 271 种。而在价格方面，出版商 A 的价格比斯普林格的价格高出了 6 789.20 美元。石溪大学与斯普林格合作，在工程和科学

领域实施 EBA，时间为 12 个月。在此期间，EBA 电子图书集合中共有 361 种电子图书被使用，共计被使用 6 810 次，并且在 2019 年 11 月、2020 年 4 月、2020 年 9 月这三个时间段下载量急速攀升。2019 年 11 月，该项目开始推广，在该月一共有 1 045 次下载。而在 2020 年 4 月，由于新冠疫情学校采取线上授课的方式，在线资源的需求量增大，本月的下载量也达到了 970 次。在此项目中，根据数据报告中的图书细分，使用最多的种类是 8 个论文集。石溪大学对 EBA 收益进行评估时发现，361 种电子图书的使用成本是其平均零售成本的 36%，由于该 EBA 项目是在疫情期间试行，EBA 的资源池成为了馆藏在线资源的重要补充[15]。

中国科学院文献情报中心从 2017 年开始与 Elsevier 开展循证采购项目，双方第一个合同周期长达 3 年，在这个协议期内预付款小幅上涨，Elsevier 向中科院开通的电子图书数量逐年递增，截止 2019 年底共提供了 28 463 种图书，其中用户共使用了 20 366 种电子图书，在这个合同期结束时最终严格按照品种的标准定价和订阅费用采选了 1 271 种图书供用户永久使用。2020 年 7 月双方继续合作，协议期限为 18 个月，截止 2021 年 9 月，资源池扩大到 38 478 种电子图书，用户使用书目达 19 050 种，平均成本较上一个合同周期明显下降。

2.2 演化博弈

演化博弈是生物学演化理论与经济学博弈论相结合的成果，与传统博弈论不同，其基于不完全信息及有限理性人的假设认为博弈方通过不断的比较、学习和模仿来达到平衡。演化博弈的研究对象是随时间变化的参与人群体，理论探索的目的是为了理解群体演化的动态过程,并解释说明为何群体将达到目前的这一状态以及如何达到[16]。演化博弈的特点能够帮助研究问题的复杂性和动态性[17]。国内近几年对演化博弈应用研究的文献很多，尤其是在经济领域，其核心概念——复制动态与演化稳定策略可以作为建模基础，分析动态演化的内在机制，找到问题的最优策略组合[18]。

目前的循证采购处在探索了解阶段，还存在着许多问题。但随着经费减少以及疫情的延续，循证采购的发展有利于图书馆资源模式的创新，符合精准建设的目标。鉴于此，本文将演化博弈引入循证采购，从循证采购的主体利益出发，构建图书馆、用户、资源商三方演化模型，分析循证采购三方主体间演化路径的选择和稳定性影响因素并为其提出建议。

3 博弈主体分析与演化模型假设

3.1 博弈主体分析

资源商：资源商包括出版商和资源集成商，资源商本质上是“经济人”，经济利益决定了它们的经济行为，所以为了追逐利益必然促使它们垄断电子图书版权、压缩图书馆业务范围[19]。在循证采购项目中，项目的开展离不开资源商的配合。在实施过程中，资源商与图书馆就预付款达成一致意见之后签订协议。资源商在履行协议时首先要为图书馆提供 MARC 记录，以便用户能在公共检索系统中发现资源，其次消除用户使用、下载和并发数等限制，并在整个项目过程中为图书馆提供用户在可用资源范围内的资源使用统计报告。使用统计的适用性、准确性和详细程度是图书馆最后选购电子图书的重要标准。除此之外，资源商的资源质量、种类、服务能力、服务水平，还有以往的合作基础都是图书馆考虑是否与其开展循证采购的重要因素。

图书馆：在循证采购链条上，图书馆要确定合适的资源商，与资源商谈判提高经费的使用效益，又要以为用户服务为宗旨，吸引用户参加循证采购项目，确保用户的参与度，满足用户的需求，结合用户的使用状况等多重依据来选购电子图书。图书馆在循证采购中既是实践者又是管理者，成为了该博弈过程中十分重要的博弈主体。

用户：用户作为资源的使用者，是图书馆的构成要素。图书馆开展循证采购的初衷是为了满足用户的需求，用户的使用数据也是循证资源采购的重要依据，没有用户使用的资源采购是毫无意义的采购，循证采购的出现是提升用户资源使用率的又一探索。

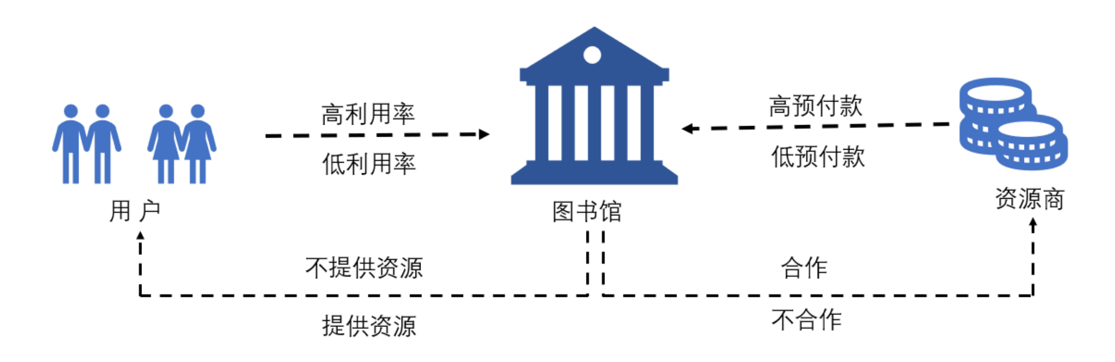


图 1 用户、图书馆、资源商循证采购关系图

3.2 演化模型假设与参数说明

假设 1：在循证采购中，图书馆有（合作，不合作）两种选择，用户有（高利用率，低利用率）两种选择，资源商有（高预付款，低预付款）两种选择。令选择合作、高利用率、高预付款的概率分别是 x,y,z;选择不合作、低利用率、低预付款的概率分别是（1-x）,(1-y),(1-z)。

假设 2：资源商有高预付款与低预付款两种选择，图书馆可以根据资源商给出的条件与其谈判来决定要不要合作，用户则根据自身的需求使用或者不使用循证采购项目资源池包含的资源。如果资源商选择高预付款策略，那么它的收益为 u_{31}，耗费的人力物力成本为 c_{31}，恰好在此时图书馆选择与资源商合作，图书馆的收益为 u_{11}，成本为 c_{11}，图书馆与资源商达成合作有利于图书馆的完善资源建设，提升用户对电子图书的使用率给图书馆带来品牌效应 v_1，由于近年来图书馆经费缩紧，高预付款可能会导致之后双方的合作中断，不利于长远发展，给资源商造成损失 s_{31}；在高预付款条件下图书馆采取不合作策略，需要寻求其他资源商合作给自身带来 B_{11} 的损失，此时不会给该资源商带来的损益为 0。

假设 3：当资源商选择低预付款策略，资源商的收益为 u_{32}，成本为 c_{32}，如果此时图书馆与之合作，收益为 u_{12}，成本为 c_{12}，图书馆可能与资源商长期合作建立友好合作基础，给资源商带来额外收益 s_{32}；同样，在低预付款的条件下，图书馆选择不合作，资源商的损益是 0，但会给图书馆带来 B_{12} 的损失。

假设 4：用户使用循证采购资源池资源，他们的收益为 u_2，检索耗费的时间成本为 c_2，当资源与他们的需求相契合，达到较高使用率获得满足感 v_2。用户对资源的使用率在不同情况下给图书馆和资源商带来风险，资源商高预付款而用户利用率较高则会给其带来风险 B_{31}，低预付款策略下高利用率给资源商带来风险 B_{32}；循证采购资源无法满足用户需求或者用户不了解该资源的存在造成用户的低利用率，给用户带来损失 s_{31}，同时造成图书馆经费效益低下,给图书馆带来风险 r_1。图书馆与资源商合作破裂，用户为了满足自身需求通过其他渠道寻找资源额外耗费的精力为 s_{22}，用户高利用率时图书馆不合作给他们带来的损失为 B_{21}，低利用率策略下他们的损失为 B_{22}。

表 1 主体得失相关参数

图书馆主体得失相关参数	u_{11}	资源商要求高预付款，图书馆获得的收益
	c_{11}	资源商要求高预付款，图书馆花费的成本

	v_1	图书馆与资源商达成合作带来的品牌效益
	u_{12}	资源商低预付款，图书馆获得的收益
	c_{12}	资源商低预付款，图书馆耗费的成本
	r_1	用户低利用率给图书馆带来的风险
	B_{11}	资源商要求高预付款，图书馆选择不合作带来的损失
	B_{12}	资源商低预付款时，图书馆不合作带来的损失
用户主体得失相关参数	u_2	循证采购资源给用户带来的收益
	c_2	用户搜索循证采购资源耗费的时间精力成本
	v_2	高利用率给用户带来的满足感
	s_{21}	低利用率给用户带来的损失
	s_{22}	通过其他渠道寻找资源额外耗费的精力
	B_{21}	用户对循证采购资源需求较大，图书馆未达成合作给用户带来的损失
	B_{22}	用户对循证采购资源需求较小，图书馆未达成合作给用户带来的损失
资源商主体得失相关参数	u_{31}	资源商高预付款给他带来的收益
	c_{31}	资源商高预付款花费的人力、物力等成本
	s_{31}	高预付款条件下资源商损失的长期效益
	B_{31}	高预付款用户高利用率给资源商带来的风险
	u_{32}	低预付款给资源商带来的收益
	c_{32}	低预付款资源商耗费的成本
	s_{32}	低预付款条件下资源商收获的长期效益
	B_{32}	低预付款用户高利用率给资源商带来的风险

4 循证采购三方演化模型构建与分析

4.1 模型构建

综上所述，图书馆、用户、资源商的演化博弈收益支付矩阵如下所示。

表 2 循证采购博弈矩阵

			资源商			
	合作 x			高预付款 z		低预付款 1-z

		用户	高利用率 y	$u_{11}-c_{11}+v_1$		$u_{12}-c_{12}+v_1$
				$u_2-c_2+v_2$		$u_2-c_2+v_2$
				$u_{31}-c_{31}-s_{31}-B_{31}$		$u_{32}-c_{32}+s_{32}-B_{32}$
图书馆			低利用率 1−y	$u_{11}-c_{11}+v_1-r_1$		$u_{12}-c_{12}+v_1-r_1$
				$u_2-c_2-s_{21}$		$u_2-c_2-s_{21}$
				$u_{31}-c_{31}-s_{31}$		$u_{32}-c_{32}+s_{32}$
	不合作 1−x	用户	高利用率 y	$-B_{11}$		$-B_{12}$
				$-s_{22}-B_{21}$		$-s_{22}-B_{21}$
				0		0
			低利用率 1−y	$-B_{11}$		$-B_{12}$
				$-s_{22}-B_{22}$		$-s_{22}-B_{22}$
				0		0

4.2 收益函数构建

根据以上收益矩阵可得三方期望收益与平均收益函数。

(1)图书馆期望收益函数及平均收益函数

图书馆选择合作的收益为：

$$E_{11} = yz(u_{11}-c_{11}+v_1)+y(1-z)(u_{12}-c_{12}+v_1)+z(1-y)(u_{11}-c_{11}+v_1-r_1)+(1-z)(1-y)(u_{12}-c_{12}+v_1-r_1)$$

图书馆选择不合作的收益为：

$$E_{12} = yz(-B_{11})+y(1-z)(-B_{12})+(1-y)z(-B_{11})+(1-y)(1-z)(-B_{12})$$

图书馆平均收益为： $\overline{E}_1 = xE_{11}+(1-x)E_{12}$

(2)用户期望收益函数与平均收益函数

用户选择高利用率的期望收益为：

$$E_{21} = xz(u_2-c_2+v_2)+x(1-z)(u_2-c_2+v_2)+(1-x)z(-s_{22}-B_{21})+(1-x)(1-z)(-s_{22}-B_{21})$$

用户选择低利用率的收益为：

$$E_{22} = xz(u_2-c_2-s_{21})+x(1-z)(u_2-c_2-s_{21})+(1-x)z(-s_{22}-B_{22})+(1-x)(1-z)(-s_{22}-B_{22})$$

用户的平均收益为： $\overline{E}_2 = xE_{21}+(1-x)E_{22}$

(3)资源商期望收益函数与平均收益函数

资源商选择高预付款的收益为：

$$E_{31} = xy(u_{31}-c_{31}-s_{31}-B_{31})+x(1-y)(u_{31}-c_{31}-s_{31})$$

资源商选择低预付款的收益为：

$$E_{32} = xy(u_{32}-c_{32}+s_{32}-B_{32})+x(1-y)(u_{32}-c_{32}+s_{32})$$

资源商的平均收益为： $\overline{E}_3 = xE_{31} + (1-x)E_{32}$

4.3 策略稳定性分析

4.3.1 图书馆的策略稳定性分析

图书馆策略选择复制动态方程为：

$$F_{(x)} = \frac{dx}{dt} = x(1-x)[z(u_{11} - c_{11} + v_1 - r_1 + B_{11}) + (1-z)(u_{12} - c_{12} + v_1 - r_1 + B_{12}) + yr_1]$$

根据复制动态方程得稳定性可知，图书馆要保持策略稳定状态必须满足两个条件，一是$F(x) = 0$, 其次是$\frac{d(F(x))}{d(x)} < 0$。

$$\frac{d(F(x))}{d(x)} = (1-2x)[z(u_{11} - c_{11} + v_1 - r_1 + B_{11}) + (1-z)(u_{12} - c_{12} + v_1 - r_1 + B_{12}) + yr_1]$$

假设$G(y) = z(u_{11} - c_{11} + v_1 - r_1 + B_{11}) + (1-z)(u_{12} - c_{12} + v_1 - r_1 + B_{12}) + yr_1$

由于$\frac{\partial G(y)}{\partial y} > 0$， G(y)是一个关于 y 的增函数，所以当$y^* = \frac{-z(u_{11} - c_{11} + v_1 - r_1 + B_{11}) - (1-z)(u_{12} - c_{12} + v_1 - r_1 + B_{12})}{r_1}$时, $G(y) = 0$，$\frac{d(F(x))}{d(x)} = 0$，；当$y > y*$时，$G(y) > 0, x = 1$为图书馆的演化稳定策略（Evolutionary stabilization strategies，ESS)；当$y < y*$时，$G(y) < 0, x = 0$为图书馆的演化稳定策略;$y = y*$时，图书馆不能确定演化稳定策略。

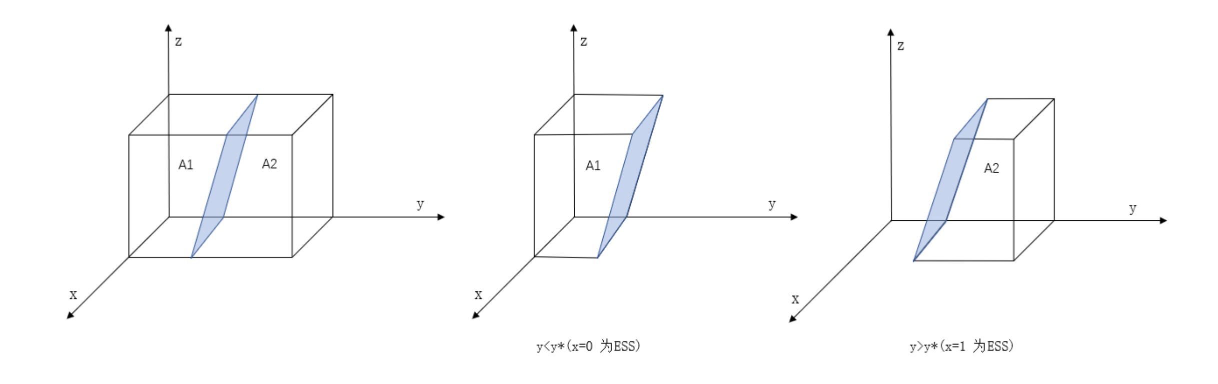


图 2 图书馆相位图

图书馆的动态趋势图如上图所示，截面将空间分成左右两部分，当博弈状态位于 A1 时，则图书馆选择不合作策略，当博弈状态位于 A2 时，则图书馆选择合作策略。

结论 1：由以上计算可知，在循证采购演化过程中，图书馆存在选择合作的概率随着用户高利用率的概率的上升而增加,随着用户低利用率的概率上升而减少的情况。这表明图书馆是否会展开循证采购合作取决于资源商的资源是否符合用户需求。

4.3.2 用户的策略稳定性分析

用户策略选择复制动态方程为：

$$F(y) = y(1-y)[x(v_2 + s_{21}) + (1-x)(B_{22} - B_{21})]$$

y 的一阶导为：

$$\frac{d(F(y))}{dy} = (1-2y)\,[x(v_2+s_{21})+(1-x)(B_{22}-B_{21})]$$

令$H(x)=[x(v_2+s_{21})+(1-x)(B_{22}-B_{21})]$, 因为$\frac{\partial H(x)}{\partial x}>0, H(x)$是增函数，当$x*=\frac{B_{21}-B_{22}}{v_2+s_{21}+B_{21}-B_{22}}, H(x)=0$，$\frac{d(F(y))}{dy}=0$。当$x>x*$时，$H(x)>0, y=1$为演化稳定策略，反之，当$x<x*$时，$H(x)<0, y=0$为演化稳定策略。

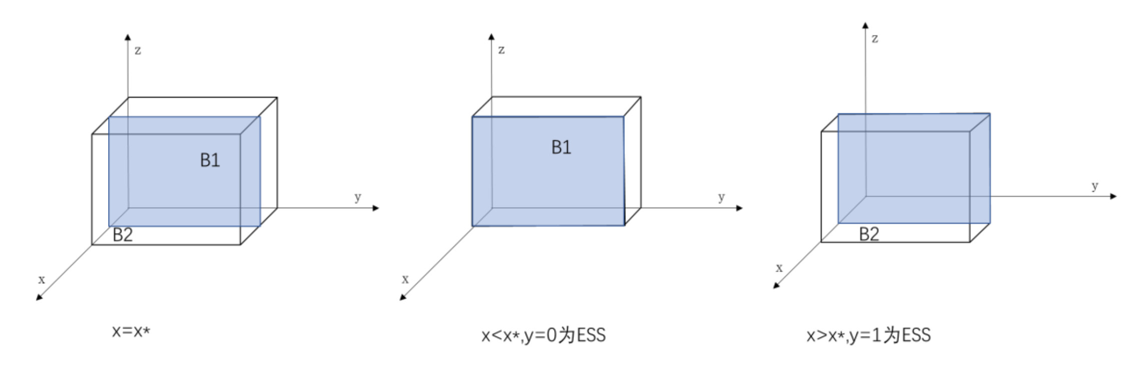


图 3 用户相位图

用户的动态趋势图如上图所示，截面将空间分成前后两部分，当博弈状态位于 B1 时，则用户选择低利用率策略，当博弈状态位于 B2 时，则用户选择高利用率。

结论 2：由以上计算可知用户高利用率的概率随着图书馆选择合作的概率增加而上升，随着图书馆选择不合作策略的上升而降低。这表明图书馆选择符合用户需求的资源且加大图书馆宣传力度，吸引用户积极参与循证采购项目，用户对这些电子图书的利用率越高，带给图书馆的风险越小，图书馆就会更加积极地完成与资源商的循证采购的续约，这样图书馆既可以构建更加完善的资源体系，又可以更好地达成服务用户的宗旨。

4.3.3 资源商的策略稳定性分析

资源商的复制动态方程为：

$$F(z)=z(1-z)[xy(B_{32}-B_{31})+x(u_{31}-c_{31}-s_{31})-x(u_{32}-c_{32}+s_{32})]$$

z的一阶导为：

$$\frac{d(F(z))}{dz}=(1-2z)[xy(B_{32}-B_{31})+x(u_{31}-c_{31}-s_{31})-x(u_{32}-c_{32}+s_{32})],$$

假设$J(y)=xy(B_{32}-B_{31})+x(u_{31}-c_{31}-s_{31})-x(u_{32}-c_{32}+s_{32})$,

当$J(y)=0$时$y**=\frac{(u_{32}-c_{32}+s_{32})-(u_{31}-c_{31}-s_{31})}{B_{32}-B_{31}}$，$J(y)$是关于$y$的增函数。当$y>y**$时，$J(y)>0, z=1$为 ESS，当$y<y**$时，$J(y)<0$,z=0 为 ESS。

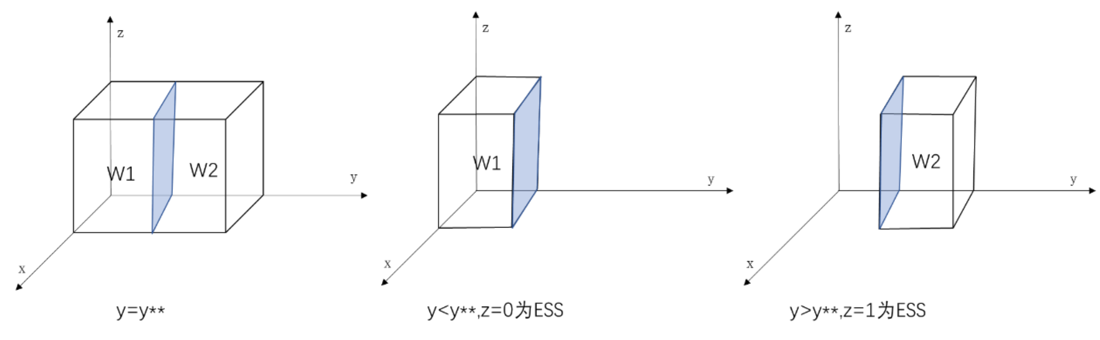


图 4　资源商相位图

由上图资源商动态演化图可知，截面将空间分成左右两部分，当博弈状态位于 W1 时，则资源商选择低预付款策略，当博弈状态位于 W2 时，则资源商选择高预付款策略。

结论 3：在演化过程中，资源商选择高预付款的概率随着用户选择高利用率的概率上升而增加。这表明用户利用率增加会给资源商带些威胁，他们会通过提高报价来平衡利用率上涨带来的损失。

4.4 三方演化博弈系统均衡点的稳定性分析

由$F(x)=0,F(y)=0,F(z)=0$可以得到有意义的系统均衡点，联立复制动态方程可得：$E1(0,0,0),E2(0,0,1),E3(0,1,0),E4(0,1,1),E5(1,0,0),E6(1,0,1),E7(1,1,0),E8(1,1,1)$。

三方演化博弈的雅克比矩阵为：

$$J=\begin{bmatrix} J1 & J2 & J3 \\ J4 & J5 & J6 \\ J7 & J8 & J9 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial} \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} (1-2x)[z(u_{11}-c_{11}+v_1-r_1+B_{11})+(1-z)(u_{12}-c_{12}+v_1-r_1+B_{12})+yr_1 & x(1-x)r_1 & x(1-x)[(u_{11}-c_{11}+v_1-r_1+B_{11})-(u_{12}-c_{12}+v_1-r_1+B_{12})] \\ y(1-y)[v_{22}+s_{21}-B_{22}+B_{21})] & (1-2y)[x(v_2+s_{21})+(1-x)(B_{22}-B_{21})] & 0 \\ z(1-z)[y(B_{32}-B_{31})+(u_{31}-c_{31}-s_{31})-(u_{32}-c_{32}+s_{32})] & z(1-z)[x(B_{32}-B_{31})] & (1-2z)[xy(B_{32}-B_{31})+x(u_{31}-c_{31}-s_{31})-x(u_{32}-c_{32}+s_{32})] \end{bmatrix}$$

根据李雅普诺夫第一法当雅克比矩阵的所有特征值至少有一个大于 0 时，则均衡点为不稳定点，当所有特征值均小于 0 时，则均衡点为渐进稳定点，当雅克比矩阵除了为 0 的实部以外其他全为负，则均衡点处于临界状态，稳定点不能由符号确定。分析各均衡点的稳定性，如下表所示

表 3 均衡点对应的雅克比矩阵特征值

	特征值
均衡点	$\lambda1$，$\lambda2$，$\lambda3$
E1（0, 0, 0）	$u_{12}-c_{12}+v_1-r_1+B_{12},B_{22}-B_{21},0$
E2 （0, 0, 1）	$u_{11}-c_{11}+v_1-r_1+B_{11},B_{22}-B_{21},0$
E3 （0, 1, 0）	$u_{12}-c_{12}+v_1+B_{12},B_{21}-B_{22},0$
E4 （0, 1, 1）	$u_{11}-c_{11}+v_1+B_{11},B_{21}-B_{22},0$
E5 （1, 0, 0）	$-(u_{12}-c_{12}+v_1-r_1+B_{12}),v_2+s_{21},(u_{31}-c_{31}-s_{31})-(u_{32}-c_{32}+s_{32})$

E6（1, 0, 1）	$-(u_{11}-c_{11}+v_1-r_1+B_{11}), v_2+s_{21}, -[(u_{31}-c_{31}-s_{31})-(u_{32}-c_{32}+s_{32})]$
E7（1, 1, 0）	$-(u_{12}-c_{12}+v_1+B_{12}), -(v_2+s_{21}), (B_{32}-B_{31})+(u_{31}-c_{31}-s_{31})-(u_{32}-c_{32}+s_{32})$
E8（1, 1, 1）	$-(u_{11}-c_{11}+v_1+B_{11}), -(v_2+s_{21}), -[(B_{32}-B_{31})+(u_{31}-c_{31}-s_{31})-(u_{32}-c_{32}+s_{32})]$

表 4 均衡点局部稳定性分析

	情形 1			情形 2		
均衡点	实部符号	稳定性	条件	实部符号	稳定性	条件
E1（0, 0, 0）	+，−，0	不稳定点	①	− ，− ，0	临界点	④
E2（0, 0, 1）	+，−，0	不稳定点	②	−，−，0	临界点	⑤
E3（0, 1, 0）	+，+，0	不稳定点	\	\	\	\
E4（0, 1, 1）	+，+，0	不稳定点	\	\	\	\
E5（1, 0, 0）	−，+，+	不稳定点	① ⑧	+，+, −	不稳定点	④⑥
E6（1, 0, 1）	−，+，−	不稳定点	② ⑧	+，+，+	不稳定点	⑤⑥
E7（1, 1, 0）	−，−，+	不稳定点	③	−，−，−	ESS	⑦
E8（1, 1, 1）	−，−，−	ESS	③	−, −, +	不稳定点	⑦

条件：①$u_{12}-c_{12}+B_{12}>r_1$, ②$u_{11}-c_{11}+B_{11}>r_1$, ③$B_{32}-B_{31}+u_{31}-c_{31}-s_{31}>u_{32}-c_{32}+s_{32}$，④$u_{12}-c_{12}+B_{12}+v_1<r_1$，⑤$u_{11}-c_{11}+B_{11}+v_1<r_1$，⑥$u_{31}-c_{31}-s_{31}<u_{32}-c_{32}+s_{32}$，⑦$B_{32}-B_{31}+(u_{31}-c_{31}-s_{31})<(u_{32}-c_{32}+s_{32})$，⑧$u_{31}-c_{31}-s_{31}>u_{32}-c_{32}+s_{32}$

结论 4：当$u_{12}-c_{12}+B_{12}>r_1, u_{11}-c_{11}+B_{11}>r_1, u_{31}-c_{31}-s_{31}>u_{32}-c_{32}+s_{32}$，$B_{32}-B_{31}+u_{31}-c_{31}-s_{31}>u_{32}-c_{32}+s_{32}$时循证采购系统仅存在一个均衡点 E8（1, 1, 1）。这表明当用户低利用率带来的风险较小或者用户利用率较高，图书馆循证采购的纯收益较高且图书馆不开展循证采购的损失较高，在资源商高预付款状况下，失去与图书馆合作的机会导致的长远的损失较小而低预付款带来的长远收益同样不高时，根据策略选择，三方主体的策略组合演化稳定于（合作，高利用率，高预付款）。此时用户对该资源的需求量较大且图书馆宣传得当，大量用户参与到循证采购中来，图书馆经费效益最大化，即使资源商选择高预付款，图书馆也愿意与其续约。

结论 5：当$u_{12}-c_{12}+B_{12}+v_1<r_1$，$u_{11}-c_{11}+B_{11}+v_1<r_1$，$u_{31}-c_{31}-s_{31}<u_{32}-c_{32}+s_{32}$，$B_{32}-B_{31}+(u_{31}-c_{31}-s_{31})<(u_{32}-c_{32}+s_{32})$循证采购存在两个临界点 E1（0, 0, 0），E2 （0, 0, 1）还有一个稳定点 E7（1, 1, 0）。当资源商高预付款的条件下资源商的潜在损失较大，而选择低预付款图书馆会给他带来更多长远收益，同时用户高利用率给资源商低预付款带来的风险与资源商高预付款给其带来的风险差距不大时，资源商将会选择低预付款策略，此时策略组合演化稳定于（合作，高利用率，低预付款）。

5 数值仿真分析

为了验证稳定演化分析的有效性，结合现实情况以及专家建议将模型赋值，通过 Matlab 2018b 进行数学仿真。将数组 1：

u11=100, c11=100, v1=10, r1=0, B11=20, u12=100, c12=80, B12=30, v2=10, s21=10, B22=5, B21=10, B32=20, B31=15, u31=150, c31=50, s31=40, u32=65, c32=50, s32=40。赋值给相关参数，满足条件①②③⑧。首先，为了分析 r_1 变化对整个演化过程和稳定策略的影响，将 r_1 分别赋值为 0, 50, 100，复制动态方程组随时间演化的结果如图 5 所示。

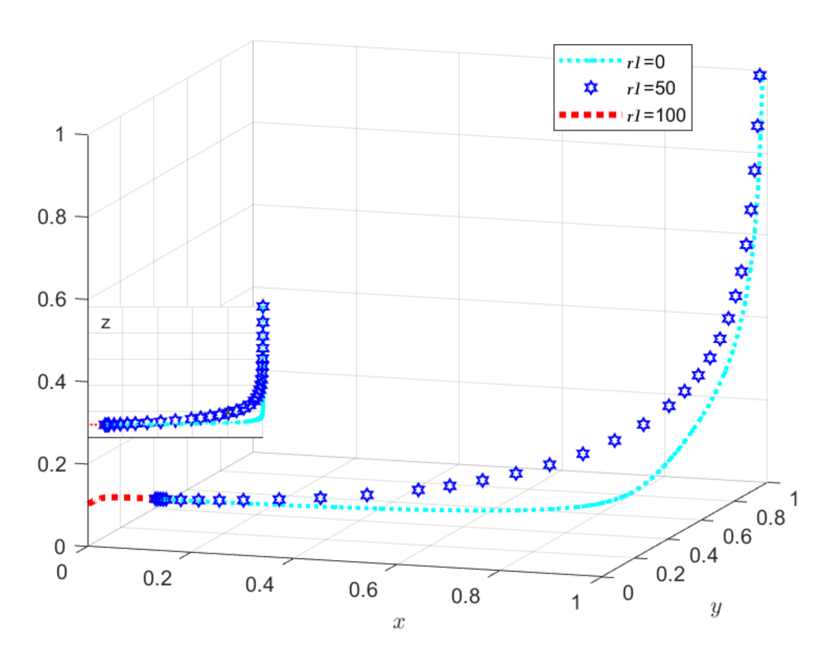


图 5 用户低利用率的影响

结论 6：由上图可以看出系统演化至稳定点的过程中用户低使用率的风险减少可以加快图书馆选择合作策略的演化速度。随着 r_1 的降低，图书馆选择合作的概率上升，资源商选择高预付款的概率也跟着上升。这表明当图书馆经费充足时，可以满足用户长尾需求或者用户对图书馆资源的利用率较高将会大大减少图书馆开展循证采购时资源效益不高带来的风险。

为了研究资源商预付款收益的影响，将资源商高预付款获得的收益 u_{31} 赋值为 150, 140, 130，其他参数保持不变，结果如图 6 所示。

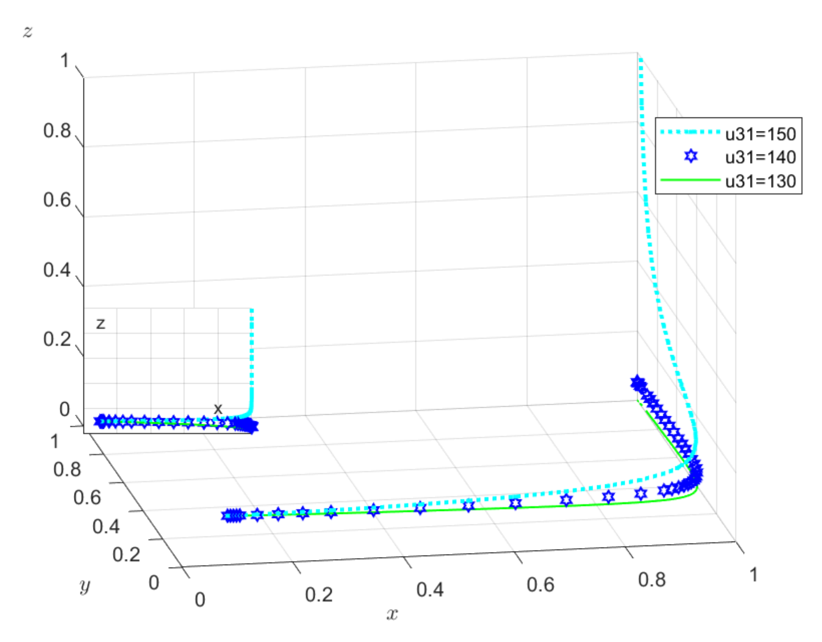


图 6 资源商高预付款收益变化的影响

结论 7：不改变其他参数的情况下，高预付款的总收益 u_{31} 减少，资源商选择高预付款策略的可能性在随着下降。在用户低利用率风险保持在一个较低范围之时，图书馆选择合作的概率也会上升。从图 5 和图 6 可以看出用户的利用率是循证采购能否成功的关键点之一，图书馆以用户的需求为准则来决定馆藏的发展。但经费有限而资源无限，当资源商的“胃口”过大时，图书馆需要凭借自身的决策能力和谈判能力尽量在与资源商的拉锯之中获得更多的收益。

接下来，将为 40,80,120 赋值给 s_{32}。仿真结果如图 7。

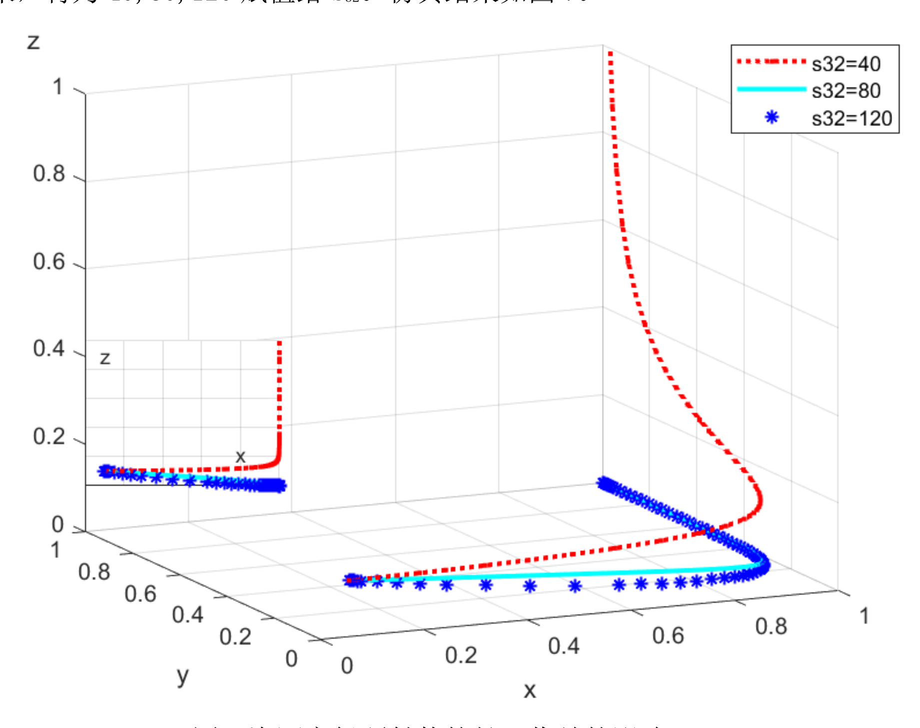


图 7 资源商低预付款的长远收益的影响

结论 8：如图 7 所示，在资源商低预付款的长远收益越大，资源商越会选择低预付款策略，随着低预付款概率的上升，图书馆也越发倾向于与资源商合作。可见，合理制定最优的数字资源采购价格，促进图书馆与数字出版商实现资源采购供需协同，是图书馆与资源商实现共生发展，收获长远利益的方向。

数组 1（u_{11}=100, c_{11}=100, v_1=10, r_1=10, B11=20, u_{12}=100, c_{12}=80, B12=30, v_2=10, s_{21}=10, B22=5, B21=10, B32=20, B31=15, u_{31}=150, c_{31}=50, s_{31}=40, u_{32}=70, c_{32}=50, s_{32}=40）满足条件③ ，将数组 2 赋值：u_{11}=100, c_{11}=100, v_1=10, r_1=10, B11=20, u_{12}=100, c_{12}=80, B12=30, v_2=10, s_{21}=10, B22=5, B21=10, B32=20, B31=15, u_{31}=150, c_{31}=50, s_{31}=40, u_{32}=70, c_{32}=50, s_{32}=60 满足条件⑦，将两组数值随时间演化 50 次，结果如图 8、图 9 所示。

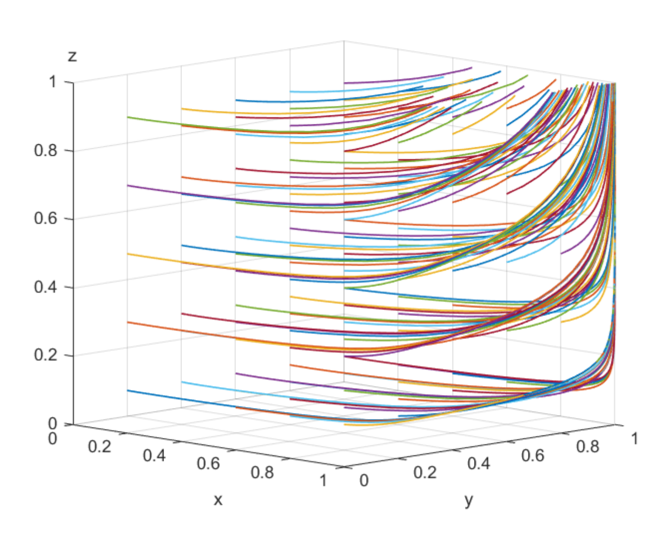


图 8 数组 1 演化 50 次结果

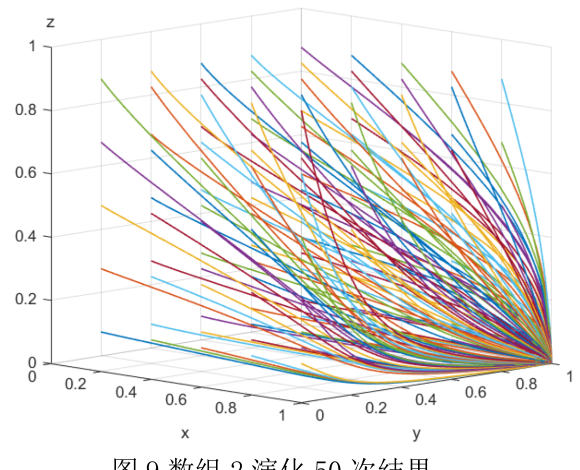


图 9 数组 2 演化 50 次结果

由图 8 可知，系统此时趋向于仅存在的一个演化稳定策略（合作，高利用率，高预付款）与结论 4 基本一致。图 9 表明系统此时存在一个演化稳定策略（合作，高利用率，低预付款），与结论 5 一致。从仿真分析和稳定性分析来看，他们的结果具有一致性，对循证采购的实施具有现实指导意义。

根据以上的分析，循证采购的症结点在于用户利用率，图书馆对于循证采购模式的粘性以及能否保证资源商的利益。用户与图书馆相互影响，用户利用率越高，图书馆选择循证采购的几率更大，图书馆实施循证采购项目也会对用户的使用率有着正面影响。用户与资源商之间不产生直接接触，但用户的使用强度会给资源商利益带来一定的风险，导致资源商策略改变。图书馆与资源商之间的协商是项目能否可持续发展的关键，图书馆通过循证采购丰富馆藏资源，树立良好形象，资源商合理定价可以与图书馆长期合作。循证采购项目的连续需要三方的紧密合作，图书馆作为电子图书采购项目的支撑点，为了避免用户低利用率带来的风险，图书馆应选择合适的资源商，重视资源宣传推广活动，避免用户无资源可用的情况；循证采购需要馆员投入大量的时间、精力，为了与资源商保持良好的合作，图书馆需要提升馆员的综合素养，增强自身的决策能力，确保图书馆经费合理安排，拓宽经费筹措渠道。循证采购是三方参与者达成共赢的途径之一，需要经过三方不断的磨合、调整与规划，才能更好地满足三方的利益诉求。

6 结论与建议

循证采购在我国刚刚起步，中国科学院文献情报中心在 Elsevier 电子图书采购项目中采用循证采购模式，上海交通大学 2017－2019 年也陆续实施了 5 个循证采购项目，剑桥大学出版社、JSTOR、De Gruyter 等资源商面向图书馆积极推出 EBA 模式。在这种模式下，不同的出版社或集成商提供的采购流程基本一致，但具有不一样的特点，剑桥大学出版社支持购买机构根据需要量身定制具体的 EBA 交易，拥有专门的营销团队向合作机构的研究人员与学生提供电子邮件推广活动，以提高 EBA 的知名度[20]，剑桥大学出版社就循证采购与南非约翰内斯堡大学、巴斯大学等学校达成良好合作，他们一致认为这是一种简单且经济高效的采购方式[21]，并开展了线上讨论会，讲述合作历程与用户体验；JSTOR 提供对来自 100 多家出版商的超过 67 000 种高质量的电子图书的访问权限，它与 ProQuest 及 EBSCO 合作管理需求驱动采购，并将需求驱动采购与循证采购相结合帮助图书馆控制成本[22]。虽然循证采购在一定程度上帮助图书馆创新资源建设模式，但仍有问题亟待解决，基于三方演化博弈研究的结论和已有的循证采购实践，本文对循证采购进行了初步总结，并提出以下结论和建议。

（1）选择合适的资源商，找准目标精准采购

图书馆经费有限，如何在预算范围内最有效地满足大多数用户的需求是目前图书馆面临的难题之一。通过循证采购建立一个广泛的资源池是满足用户需求且解决经费吃紧的方法之一。资源商的资源种类、质量、服务水平等是否符合图书馆采购目标是图书馆必须考虑的问题，数量大种类丰富的资源商会提高循证采购的成功率，恰当的资源商也是图书馆开展资源建设的有力保障，对于图书馆而言开展循证采购选择资源商需要考虑以下因素：

- 资源商是否提供循证采购模式；
- 恰当的预付款金额[23]；
- 详细、真实的用户使用报告；
- 资源质量、数量、种类是否符合图书馆要求；
- 资源商的系统平台能否与图书馆自身的集成管理系统实现无缝对接[24]；
- 用户并发数；
- 资源商能否准时地、有规律地上传 MARC 记录等[25]。

图书馆资源建设需要以用户的需求为导向，融合馆藏建设目标，选择契合的资源商，采取行之有效的采购方案，是扩展升级图书馆传统馆藏的有效手段。

（2）加大宣传力度，将技术手段融入推广服务

资源的使用情况是图书馆资源采购的主要关注点，用户的低利用率会给图书馆带来风险，造成图书馆经费效益低下，资源商正是看到了这一点，以提升信息资源采购投入产出

比为卖点推出新的信息资源采购模式[25]。提升用户利用率是循证采购成功实行的关键因素，目前的循证采购在国内实践较少，对于宣传工作的重视程度不够，导致用户对这个项目了解甚少。图书馆在图书馆可以借助用户“行迹”采集，根据用户的信息需求期望、信息接受偏好、信息搜索习惯构建用户画像模型、精准推荐系统，完善知识导航服务[26]，通过上述机制实现用户偏好资源智能调度，缩小用户与馆内的信息差，鼓励用户无限制地使用馆藏资源，提高用户对图书馆的粘度，实现循证采购知识价值倍增。

（3）提高采访馆员综合素质，组织科学高效的采购

图书馆对于循证采购的宣传及流程的把控需要馆员来落地，高水平的馆员是项目开展的重要组成部分。馆员对市场情况的整体把握尤其是预算的编制能力及决策水平、谈判能力是图书馆是否能够更加有效地沟通达成利益平衡的关键。图书馆员的总体素质关系到循证采购的效率、水平，图书馆可以定期组织相关讲座，明确馆员培养目标职业生涯规划，同时可以尝试将馆员送到具有丰富经验的图书馆培训，参加网络培训，参加学术会议，注重馆员继续教育，将培训工作做到制度化、规范化，完善馆员培训体系[27]；其次招聘专业人才，为图书馆补充新鲜血液，制定政策最大化地发挥人才价值也是图书馆能力提升的重要方向；同时制定标准化采购流程，加强与有关部门的协作，提升采购效率，节省人力、物力。对于循证采购的发展组织专业化的采访队伍势在必行。

（4）制定循证采购规范，推动项目可持续发展

循证采购的运转离不开资源商、用户、图书馆三位博弈主体的参与，它的资源获取方式对于图书馆和资源商来说是可持续的，但是只有在图书馆不会超出经费预算且资源商愿意合作的情况下才会起作用，过高或过低的定价会分别给图书馆和资源商带来风险，资源商需要将定价模式设定在一个能够保持收入并继续出版电子图书的水平上，但最好又在图书馆可以接受的范围之内。制定工作规范可以兼顾各方利益，促进合理定价，避免盲目采购引发的风险与纠纷，节省时间与精力，维持市场平衡发展，在推动合作共赢的基础上保证项目的良好运转，并推动数字出版行业良性发展。同时循证采购的规范化发展有利于图书馆对电子图书资源的有效管理，它需要全方位规划设置 EBA 项目参数，制定目标与其他各部门统筹协调。从协商、采购到评估，每一个阶段，规范化的流程都会给图书馆带来更加规范的操作，帮助图书馆在资源建设模式变革的时代浪潮中抓住机遇，实现资源建设方式的转型。

致谢：感谢中国科学院文献情报中心数据资源部赵艳研究馆员、鞠文红副研究馆员为本文提供 Elsevier 循证采购项目案例和数据。

参考文献

[1] Novak J,L Ohler,A Day. Book collection development in academic libraries: examining preference, management, and purchasing patterns[EB/OL].[2022-05-16]. https://www.choice360.org/wp-content/uploads/2020/09/Choice-White-Paper-Incorporating-Ebooks-into-Collection-Development_LO-RES_092820.pdf.

[2] 教育部.教育部 2021 年部门预算[EB/OL].[2021-03-25]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A05/s7499/202103/t20210324_522256.html.

[3] 齐东峰.图书馆学术电子图书采购诉求与出版商利益的矛盾与平衡[J].国家图书馆学刊,2014,23(03):99-104.

[4] Bucknell T. Buying by the bucketful: a comparative study of e-book acquisition strategies[J]. Insights,2012,25(1).

[5] 刘华.馆藏建设的风向标——读者决策采购[J].图书馆杂志,2012,31(01):38-41.

[6] NISO DDA Working Group. Demand Driven Acquisition of Monographs [EB/OL].[2022-07-13]. NISO RP-20-2014, Demand Driven Acquisition of Monographs.
[7] 周威.国外图书馆数字资源循证采购实践及启示[J].图书馆工作与研究,2020(12):48-55.
[8] Booth A. Clear and present questions: formulating questions for evidence based practice[J]. Library hi tech,2006,24(3).
[9] Partridge H, Glanville C, Edwards S, et al. The practitioner's experience and conception of evidence based library and information practice: an exploratory analysis[C]//Evidence Based Library and Information Practice: Abstracts of Papers and Poster Sessions of the 4th International Evidence Based Library and Information Practice Conference: Transforming the Profession. University of Alberta Library, 2007, 2(2): 25-27.
[10]周毅.新文科背景下图情档专业教育的循证改革实践[J].情报资料工作,2022,43(01):23-31.
[11]党洪莉.循证采购的概念、影响与启示[J].图书情报工作,2016,60(04):80-84
[12]侯景丽.美国图书馆联盟的集团循证采购实践研究[J].图书情报工作,2018,62(22):133-138.
[13]马晨,黄镝.外文电子图书循证采购模式应用策略及实证研究[J].图书馆杂志,2022,41(12):41-44.
[14]Robbeloth H, Ragucci M, DeShazo K. Evidence-based acquisition: a real life account of managing the program within the Orbis Cascade Alliance[J]. The Serials Librarian, 2017, 73(3-4): 240-247.
[15]Tran C Y, Guo J X. Developing user-centered collections at a research library: an evidence-based acquisition (EBA) pilot in STEM[J]. The Journal of Academic Librarianship, 2021, 47(5): 102434.
[16]易余胤,刘汉民.经济研究中的演化博弈理论[J].商业经济与管理,2005(08):8-13.
[17]张芮. 生态安全多利益主体的演化博弈分析与系统仿真[D].西北师范大学,2016.
[18]刘敬伟,黄成节,蒲勇健.合作研发策略选择问题的动态演化分析[J].技术经济与管理研究,2022(02):15-19.
[19]秦珂.图书馆在与数据库出版商博弈中的自我拯救[J].图书馆论坛,2015,35(08):62-68.
[20]Cambridge University Press. evidence-based acquisition through JISC collections: a guide for UK librarians[EB/OL].[2023-02-14].https://www.cambridge.org/core/services/aop-file-manager/file/63ebbededaf25048683aeca6/EBA-JISC-Guide-2023.pdf.
[21]Cambridge University Press. Evidence-based acquisition[EB/OL].[2023-2-25].https://www.cambridge.org/core/services/librarians/evidence-based-acquisition.
[22]Jstor. E-book acquisition models[EB/OL].[2023-02-15].https://about.jstor.org/librarians/books/acquisition-models/.
[23]张赟玥,秦鸿.数字资源采购变迁下的循证采购模式研究[J].大学图书馆学报,2019,37(06):63-69.

[24]王海荣.国外图书馆读者决策采购服务分析及启示[J].图书馆工作与研究,2018(05):108-112.
[25]王春生.数字资源循证采购简论[J].图书馆杂志,2018,37(07):4-9.
[26]毕达天,王福,许鹏程.基于 VSM 的移动图书馆用户画像及场景推荐[J].数据分析与知识发现,2018,2(09):100-108.
[27]金秋萍,禤肖林.论英国高校图书馆馆员培训模式——基于谢菲尔德大学图书馆的典型分析[J].图书馆工作与研究,2017(12):36-40.

作者贡献说明:
张蒂：提出研究思路，论文撰写；
朱江：论文修改和补充；
潘婷：搜集相关资料；

An evidence-based acquisition study based on a trilateral evolutionary game

Zhang Di[1,2], Zhu Jiang[1,2,] Pan Ting[1,2]
1. Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610299
2. Department of Information Resources Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [Purpose/Significance] High-quality collection development is the basis of library services, and the current mainstream acquisition models, such as big deal and patron-decision acquisition, have certain defects. This paper focuses on the new emerging acquisition model——evidence-based-acquisition, and investigates the influence among its related players to promote the development of evidence-based acquisition. [Method/Process] This paper constructs a tripartite evolutionary game model of libraries, users, and resource providers by sorting out evidence-based acquisition, analyzing its replication dynamic equations as well as evolutionary stabilization strategies and simulating them through MATLAB. Then it dissects the impact of different parameters on facilitating the evolution of evidence-based acquisition, clarify the interaction and association of their related objects, and gain insight into the dynamics of evidence-based acquisition. [Result/Conclusion] The model has two evolutionary stabilization strategies, and suggestions are made for the development of evidence-based acquisition by combining the game results with the actual situation.

Keywords: Evidence-based acquisition; Evolutionary game; Collection development